

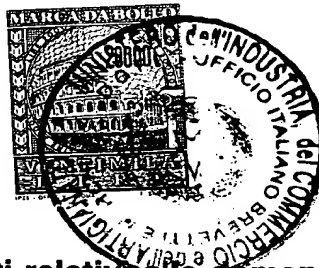
MODULARIO
I.C.A. - 101

EP 98 / 07 / 62



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
DIREZIONE GENERALE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

09/555809



REC'D 14 JAN 1999
WIPO PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per INV. IND.

N. MI 97 A 002826

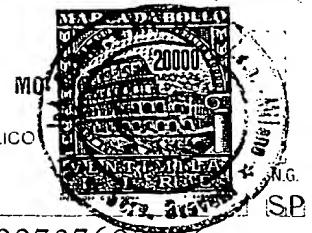
*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito*

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

IL DIRETTORE DELLA DIVISIONE
Ing. DI CARLO

Ing. Di Carlo

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHE - ROMA
DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE. DEPOSITO RISERVE. ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione ITALTEL SPA
Residenza MILANO codice 00737690156
2) Denominazione _____
Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome GIUSTINI DELIO cod. fiscale _____
denominazione studio di appartenenza c/o Italtel spa - Ufficio Brevetti
via Cascina Castelletto città SETTIMO MILANESE cap 20019 prov MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____ città _____ cap _____ prov _____

D. TITOLO

classe preposta (se richiesta) _____ gruppo/sottogruppo _____

PROCEDIMENTO DI SIMULAZIONE DI SCENARIO A RADIOFREQUENZA IN AMBITO
RADIOMOBILE PER IL COLLAUDO DI RADIORICEVITORI DI STAZIONI RADIO BASE
CON ANTENNE INTELLIGENTI, E SISTEMA DI COLLAUDO CHE UTILIZZA DETTO
PROCEDIMENTO

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐ NO ☐

SE ISTANZA: DATA _____ N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) DONATI MARCELLO 3) _____
2) POLITI MARCO 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

delegato
S.R.

SCIoglimento RISERVE

Data _____ N° Protocollo _____

1) _____
2) _____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICROORGANISMI, denominazione:

H. ANNOTAZIONI SPECIALI:



DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1)	<u>1</u>	<u>PROV</u>	n. pag. <u>41</u>	riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)	SCIoglimento RISERVE Data _____ N° Protocollo _____
Doc. 2)	<u>1</u>	<u>PROV</u>	n. tav. <u>05</u>	disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)	_____
Doc. 3)	<u>1</u>	<u>RIS</u>		lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale	_____
Doc. 4)	<u>0</u>	<u>RIS</u>		designazione inventore	_____
Doc. 5)	<u>0</u>	<u>RIS</u>		documenti di priorità con traduzione in italiano	_____
Doc. 6)	<u>0</u>	<u>RIS</u>		autorizzazione o atto di cessione	_____
Doc. 7)	<u>0</u>			nominativo completo del richiedente	_____

Si attestati di versamento, totale lire CINQUECENTO SESSANTACINQUEMILA. = obbligatorio

COMPILATO IL 12.12.1997 FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I) Italtel spa

CONTINUA SI/NO NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO SI

Italtel spa
12.12.1997

UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. DI MILANO codice 15

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA MI97A 002826 Reg. A.

L'anno milionovecento NOVANTASETTE il giorno DICIANNOVE del mese di DICEMBRE

il richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato e me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli allegati per la concessione del brevetto sopraportato

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE _____

IL DEPOSITANTE

timbro
dell'Ufficio

UFFICIALE ROGANTE
M. CORTONESI

D. TITOLO

PROCEDIMENTO DI SIMULAZIONE DI SCENARIO A RADIOFREQUENZA IN AMBITO
RADIOMOBILE PER IL COLLAUDO DI RADIORICEVITORI DI STAZIONI RADIO
BASE CON ANTENNE INTELLIGENTI, E SISTEMA DI COLLAUDO CHE UTILIZZA
DETTO PROCEDIMENTO

L. RIASSUNTO

Viene descritto un sistema di collaudo dei ricevitori di una stazione radio base per la telefonia cellulare, ad esempio GSM 900 MHz, o DCS 1800 MHz, o TACS, etc., dotata di antenna a schiera intelligente ad N sensori. Il sistema è costituito da un apparato di simulazione di scenario a radiofrequenza (SIM_RF), governato da un elaboratore di controllo (CONTR_PC), ambedue connessi al bus di una rete Ethernet, a cui è pure connesso il dispositivo in corso di collaudo (DUT). L'apparato di simulazione genera su N uscite (out1, out2,...,outN) un segnale complesso costituito da N identici segnali a radiofrequenza (RF1, RF2,...,RFN) che differiscono tra loro per un valore progressivo di fase. Questi segnali vengono prelevati da altrettanti cavi coassiali e convogliati verso gli N connettori d'ingresso d'antenna (in1, in2,...,inN) dei segnali a radiofrequenza del ricevitore da collaudare. Gli N segnali di test sono ottenuti generando localmente tanti gruppi di N portanti digitali isofrequenziali quanti ne necessitano per simulare le direzioni di un segnale utile con un numero arbitrario di echi dello stesso, e le direzioni di un numero arbitrario di portanti interferenti isofrequenziali, e non, con i loro relativi echi. Le N portanti di ciascun gruppo vengono quindi modulate con modulazione opportuna e moltiplicate digitalmente per altrettanti rispettivi coefficienti di beamforming che producono, entro ciascun gruppo, un ordinamento per valori di fase progressivamente crescenti. (fig.1).

M. DISEGNO

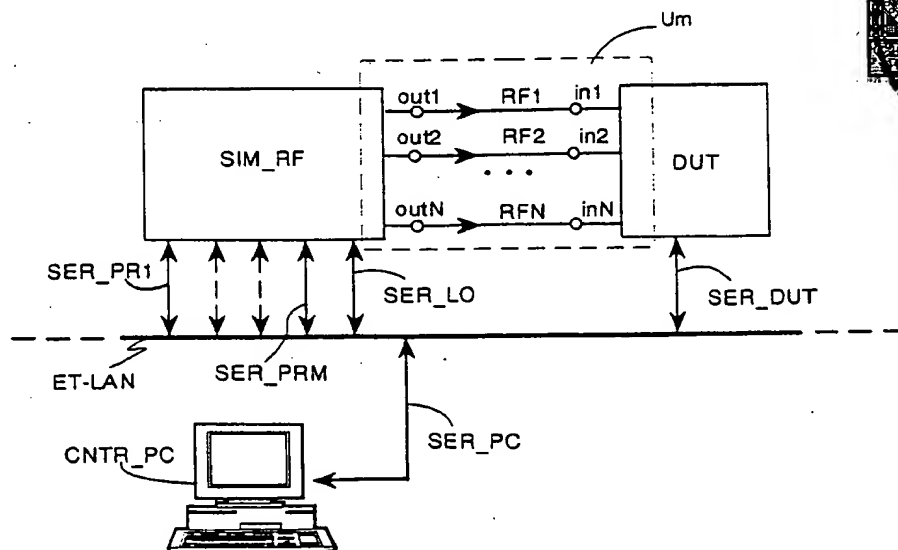


Fig. 1

MI 97 A 2826

2

Italtel spa
Il mandatario
Dario Giustini

Italtel spa, Piazzale Zavattari n. 12, 20149 MILANO.

DESCRIZIONE

CAMPO DI APPLICAZIONE DELL'INVENZIONE

19 DIC. 1997

La presente invenzione si riferisce al campo dei sistemi di test per apparati di telecomunicazioni e più precisamente ad un procedimento di simulazione di scenario a radiofrequenza in ambito radiomobile per il collaudo di radioricevitori di stazioni radio base con antenne intelligenti, e sistema di collaudo che utilizza detto procedimento.

Prima di introdurre l'arte nota nel campo dell'invenzione si rende necessario dover illustrare brevemente il funzionamento e le problematiche connesse all'impiego di antenne cosiddette "intelligenti"; questo, a giudizio della richiedente, per giustificare la mancanza di sistemi di collaudo orientati ad un tale tipo di antenne.

Come è noto, l'utilizzo di antenne intelligenti nasce in ambito radiomobile per rendere meno critico il riuso delle stesse frequenze portanti in celle di cluster adiacenti. Questa criticità è particolarmente evidente in ambito urbano a grande densità di traffico, dove le distanze di riuso possono subire una notevole riduzione per via delle ridotte dimensioni delle celle, spesso di sole poche centinaia di metri. L'utilizzo delle tradizionali antenne omnidirezionali, o di quelle trisetoriali, comporta in questi particolari ambiti dei problemi di grossa interferenza da parte di segnali isofrequenziali provenienti da cluster adiacenti. Ciò è dovuto alla scarsa direttività delle antenne che comporta, di conseguenza, la trasmissione di segnali di relativamente elevata potenza da parte delle stazioni radio base (BTS). L'antenna a schiera di tipo intelligente, invece, è un sistema radiante direttivo in grado di concentrare il campo elettromagnetico nella direzione stimata di provenienza del segnale trasmesso da un generico mobile MS (in tutte le direzioni del piano


Mario Giustini

azimutale), indipendentemente per tutti i mobili di una cella dove l'antenna è allocata. L'antenna è quindi caratterizzata da diagrammi di radiazione dinamici (tanti quanti sono le portanti a divisione di tempo assegnate alla BTS moltiplicati per il numero di time slot) dotati di lobi principali di ridotta apertura angolare che inseguono le direzioni dei rispettivi mobili, evitando con ciò di disperdere energia inutilmente al di fuori di tali direzioni. Reciprocamente in ricezione, questo comporta una riduzione del livello complessivo degli interferenti isofrequenziali e, di conseguenza, della distanza di riuso delle stesse portanti, e quindi delle dimensioni dei cluster.

È altresì noto che le antenne intelligenti sono basate sull'utilizzo di schiere di sensori di campo elettromagnetico, ciascun sensore essendo connesso ad un proprio ricetrasmittitore, e l'insieme dei ricetrasmittitori ad un modulo di processo in grado di trattare opportunamente i segnali ricevuti, o trasmessi, dai singoli sensori. Usualmente il ricevitore agisce come "master", cioè stima le direzioni d'arrivo sul piano azimutale dei segnali dei mobili in transito nella propria cella e comunica queste informazioni al trasmettitore che sintetizza le aperture angolari dell'antenna nelle suddette direzioni angolari, alimentando i singoli sensori con repliche di uno stesso segnale opportunamente sfasate tra di loro.

Mentre per il trasmettitore abbinato ad un'antenna a schiera di tipo intelligente non sussistono particolari problemi realizzativi, non altrettanto succede per la realizzazione dell'analogo ricevitore, poiché la stima delle direzioni d'arrivo dei segnali utili è un'operazione molto onerosa dal punto di vista computazionale. Essa richiede infatti una opportuna elaborazione dell'informazione di modulo e fase di più repliche del segnale radio ricevuto dai diversi sensori della schiera. La suddetta onerosità nasce dal fatto di dover distinguere nel segnale trasdotto dalla schiera le direzioni dei segnali utili da quelle di rispettivi segnali interferenti, ovvero i segnali isofrequenziali

emessi da mobili che transitano in celle di cluster adiacenti, e gli echi dovuti alle riflessioni multiple degli utili da parte di ostacoli dislocati sul territorio, la cui entità e ritardo temporale dipendono dall'ambiente geografico della cella (ambiente urbano, suburbano, rurale). Queste informazioni sulle direzioni d'arrivo vengono quindi utilizzate dal ricevitore per compiere un filtraggio spaziale degli N segnali trasdotti dall'array, onde filtrare gli utili dai vari interferenti.

ARTE NOTA

Negli esempi di stazioni radio base con antenne intelligenti secondo l'arte nota, una simile discriminazione dell'utile dagli interferenti viene compiuta soltanto parzialmente. Non così succede per una stazione radio base di nuova concezione, realizzata dalla stessa richiedente, i cui principali aspetti innovativi sono stati protetti dalle seguenti relative domande di brevetto:

- domanda europea di brevetto n. 97830229.7 dal titolo "Metodo di comunicazione per sistemi di telefonia cellulare", depositata il 16 maggio 1997;
- domanda italiana di brevetto n. MI 97A01802 dal titolo "Ricetrasmittitore a larga banda per un segnale costituito da una pluralità di portanti equispaziate modulate digitalmente", depositata il 29 Luglio 1997;
- domanda italiana di brevetto n. MI 97A 002085 dal titolo "Convertitore di frequenza subarmonico a reiezione d'immagine realizzato in microstriscia, particolarmente adatto all'impiego in apparati di telefonia radiomobile", depositata il 15 Settembre 1997;
- domanda italiana di brevetto n. MI 97A002086 dal titolo "Radioricevitore digitale a larga banda per segnale multiportante", depositata il 15 Settembre 1997.
- domanda italiana di brevetto dal titolo "Procedimento di discriminazione di un segnale utile da una pluralità di segnali interferenti isofrequenziali ricevuti da



Italtel spa

Ministero

Enrico Giustini

antenne a schiera di stazioni radio base per la telefonia cellulare, e il metodo" in particolare la domanda citata per ultima risolve il problema della discriminazione dell'utile da una pluralità di interferenti isofrequenziali mediante un metodo di filtraggio spaziale, o beamforming, compiuto sui segnali trasdotti dall'array, preventivamente sottoposti ad una elaborazione che determina il numero e le direzioni d'arrivo delle onde incidenti sull'array, distinguendo gli utili dai rispettivi interferenti.

È quindi evidente che nei sistemi di collaudo di stazioni radio base dotate di antenna intelligente, di vecchia concezione, non sia particolarmente sentito il problema di simulare uno scenario a radiofrequenza che rispecchi in modo il più possibilmente veritiero quanto in effetti succede nella realtà. Questo è conseguenza del fatto che gli algoritmi di beamforming ivi utilizzati non discriminano (o lo fanno in maniera grossolana e prevedibile) gli utili dai rispettivi echi interferenti. È allora possibile, ed in pratica ciò normalmente avviene nel contesto dell'arte nota, utilizzare i vecchi apparati di test per ricevitori di stazioni radio base dotate di antenne omnidirezionali, o trisetoriali, che prescindono dalla simulazione delle direzioni d'arrivo di utili e rispettivi echi interferenti. Di conseguenza, l'effettivo test sul comportamento del ricevitore completo di antenna a schiera intelligente necessita di opportuni trasmettitori di prova disposti, ad hoc, sul territorio.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

Scopo più generale della presente invenzione è quello di indicare un procedimento di simulazione di scenario a radiofrequenza per il collaudo di radioricevitori con antenna a schiera intelligente, in grado di distinguere la direzione di un segnale utile da quelle di interferenti isofrequenziali, indipendentemente dal fatto che poi venga compiuto un filtraggio spaziale.

Scopo elettivo della presente invenzione è quello di superare gli inconvenienti



- a) compilazione di tabelle generali (TAB.1, TAB.2,, TABK) di parametri ed opzioni che definiscono detto scenario relativamente a segnali utili di trasmissione, ed a segnali interferenti isofrequenziali, e non, aventi direzioni d'arrivo simulate generalmente differenti da quelle di rispettivi detti segnali utili;
- b) conversione di dette tabelle generali in messaggi comprendenti, in modo non limitativo, la descrizione di segnali modulanti (SIM_D) delle portanti di trasmissione, utili e interferenti, N costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2,, SIM_BEAM_WN) per ciascuna detta direzione d'arrivo simulata, primi e secondi valori di frequenza (SIM_NCO, OL) per la conversione a frequenza intermedia ed a radiofrequenza;
- c) generazione e modulazione di primi gruppi di P portanti, ciascun gruppo essendo composto da una detta portante utile, o interferente, e da rispettive N-1 repliche,

- utilizzando i detti segnali modulanti, e adeguamento del livello di potenza delle P portanti di detti primi gruppi;
- d) moltiplicazione delle portanti di detti primi gruppi per dette costanti complesse corrispondenti ad una rispettiva detta direzione d'arrivo simulata, ottenendo secondi gruppi di P portanti modulate ordinate per fasi di entità predeterminata;
 - e) conversione ad una rispettiva frequenza intermedia di detti secondi gruppi di portanti modulate;
 - f) somma di dette portanti a frequenza intermedia, aventi lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, ottenendo P segnali a larga banda;
 - g) conversione a radiofrequenza di detti P segnali a larga banda, e successiva amplificazione, ottenendo P segnali di test inviati ad altrettanti ingressi a radiofrequenza di un detto ricevitore da collaudare, privo d'antenna, come descritto nella rivendicazione 1.

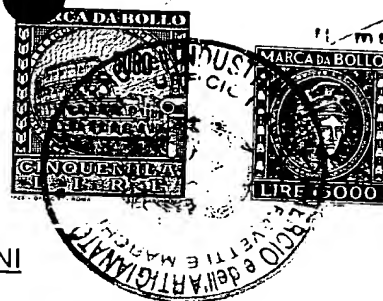
Vantaggiosamente il procedimento in oggetto può essere utilizzato per la simulazione di uno scenario a radiofrequenza di un qualsiasi sistema radiotelefonico cellulare, caratterizzato dal riuso delle portanti. Lo scenario simulato può essere plasmato nel modo di volta in volta ritenuto più idoneo ad una particolare esigenza di collaudo.

Secondo un altro aspetto dell'invenzione lo scenario simulato ha caratteristiche dinamiche, ottenute variando ad intervalli di tempo prestabiliti le impostazioni dei parametri relativi a grandezze caratteristiche di portanti utili ed interferenti contenute nelle dette tabelle che definiscono lo scenario simulato, quali ad esempio: il livello, il ritardo, la direzione d'arrivo, etc. La durata di detti intervalli essendo abbastanza breve da rendersi paragonabile all'intervallo temporale impiegato da analoghe

Vantaggiosamente la simulazione dello scenario include la presenza del rumore, l'effetto doppler dovuto alla velocità dei mobili, ed i rapidi ed improvvisi affievolimenti del campo elettromagnetico ricevuto, causati da interferenza distruttiva da cammini multipli (fading di Rayleigh) o da mascheramento da parte di ostacoli di natura differente incontrati dai mobili.

Pertanto altro oggetto d'invenzione è un sistema di collaudo di ricevitori di una stazione radiobase per sistemi radiomobili con antenna a schiera intelligente, di nuova generazione, che utilizza il procedimento di simulazione di scenario oggetto della presente invenzione, come descritto nella rivendicazione 13.

Il grande vantaggio posseduto da un simile sistema è quello di consentire un completo ed accurato collaudo dei ricevitori della suddetta stazione radio base, senza la necessità di dover predisporre dei trasmettitori campione sul territorio. Il sistema è inoltre caratterizzato da un'estrema flessibilità nel predisporre lo scenario ritenuto di volta in volta più idoneo alla verifica delle prestazioni del ricevitore rispetto ad una particolare norma di capitolato. È infatti sufficiente la compilazione, da parte del collaudatore, di un limitato numero di tabelle che descrivono lo scenario da simulare, dopodichè con un semplice click col mouse le stesse diventano operative in tempo



reale.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Ulteriori scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue di un esempio di realizzazione della stessa e dai disegni annessi dati a puro titolo esplicativo e non limitativo, in cui:

- in fig.1 è indicata una schematizzazione a blocchi del tutto generale del sistema di collaudo oggetto della presente invenzione, connesso ad un dispositivo da collaudare (D.U.T.);
- in fig.2 è indicato con maggior dettaglio un blocco SIM_RF di fig.1 appartenente al suddetto sistema di collaudo;
- in fig.3 è indicato il blocco SIM_RF di fig.2 con un dettaglio ancora maggiore, che si spinge fino all'indicazione dei singoli blocchi circuitali;
- in fig.4 è indicata una rappresentazione delle direzioni di onde piane che incidono su un'antenna a schiera, normalmente utilizzata durante il funzionamento reale dal dispositivo da collaudare (DUT) di fig.1;
- in fig.5 è indicato lo sfasamento progressivo esistente tra le componenti di un fronte d'onda piana proveniente da una direzione φ di fig.4, nell'istante in cui le stesse incidono sui sensori della schiera;
- in fig.6 è indicata una raffigurazione sul piano complesso I/Q dei vettori rotanti che rappresentano le componenti del fronte d'onda piana di fig.5; e
- in fig.7 sono indicate delle tabelle preventivamente memorizzate nella memoria permanente dell'elaboratore di fig.1, messe a disposizione del collaudatore per l'impostazione dei parametri che contraddistinguono uno scenario da simulare.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Con riferimento alla fig.1, si nota un sistema di collaudo di un dispositivo DUT

(Device Under Test) costituito da un apparato di simulazione SIM_RF connesso ad un elaboratore di controllo CNTR_PC per il tramite di un bus seriale ET_LAN di una rete locale, ad esempio di tipo Ethernet, a cui pure è connesso il dispositivo DUT.

Il blocco SIM_RF ha N uscite a radiofrequenza out1, out2, ..., outN connesse, tramite N cavi coassiali, ad altrettanti ingressi in1, in2, ..., inN del blocco DUT. Lungo i suddetti cavi viaggiano dei rispettivi segnali a radiofrequenza RF1, RF2, ..., RFN che fuoriescono dal blocco SIM_RF ed entrano nel blocco DUT. I blocchi SIM_RF e DUT, così come il personal computer CNTR_PC, sono connessi al bus seriale ET_LAN. Più precisamente, il personal computer CNTR_PC è connesso al bus ET_LAN tramite un proprio bus seriale SER_PC, il blocco DUT tramite un bus seriale SER_DUT, ed il blocco SIM_RF tramite M bus seriali SER_PR1, SER_PR2, ..., SER_PRM ed un M+1-esimo bus seriale SER_LO.

Nel funzionamento, il blocco SIM_RF è un apparato di simulazione governato dal personal computer CNTR_PC, ed il blocco DUT è un ricevitore di una stazione radio base (BTS) per sistemi telefonici cellulari di tipo FDMA/TDMA, ad esempio GSM 900 MHz, o DCS 1800 MHz. L'insieme dei segnali RF1, ..., RFN ubbidisce allo standard prescelto che definisce l'interfaccia radio. Anche se non visibili in figura, i suddetti blocchi includono uno, o più, dispositivi d'interfaccia verso la rete locale ET_LAN.

Osservando la configurazione di collaudo di figura (test bed), si può intuire il grande vantaggio offerto dalla connessione in rete locale sia del sistema di collaudo CNTR_PC, SIM_RF che del dispositivo da collaudare DUT. Quest'ultimo potrà infatti inviare i risultati dei vari test direttamente all'elaboratore CNTR_PC, in modo del tutto asincrono rispetto al flusso dei dati di collaudo. L'elaboratore disporrà di procedure di valutazione e stampa dei risultati e, nel caso, di variazione degli stimoli d'ingresso. In


Mario Giustini

tal modo il collaudo risulterà completamente automatizzato.

Con riferimento alla fig.2, si nota che l'apparato di simulazione SIM_RF comprende M moduli processori TX_PROC1, TX_PROC2, ..., TX_PROCM; N trasmettitori a radiofrequenza a larga banda WB_TX1, WB_TX2, ..., WB_TXN; ed un blocco LO_CORP generatore di N identici segnali di oscillatore locale OL, che pervengono ai trasmettitori WB_TX1, ..., WB_TXN.

Ciascun blocco TX_PROC ha N uscite per altrettante parole digitali sequenziali C_x , che pervengono a N rispettivi bus paralleli BS1, BS2, ..., BSN, dove il valore dell'indice x indica la provenienza da un relativo modulo processore m-esimo, mentre il valore dell'indice y indica il bus n-esimo a cui perviene il segnale C_x . I bus BS1, BS2, ..., BSN sono connessi ad un ingresso di rispettivi trasmettitori a larga banda WB_TX1, WB_TX2, ..., WB_TXN contraddistinti dallo stesso numero ordinale.

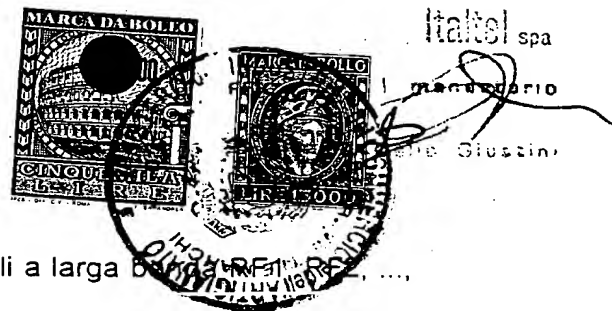
Nel funzionamento, l'architettura dell'apparato SIM_RF presenta una modularità per portante radio a divisione di tempo, con un massimo di M portanti generate da M moduli TX_PROC, e per elemento d'antenna, con un massimo di N elementi (virtuali), alimentati da altrettanti segnali uscenti dai trasmettitori WB_TX. Ciascun modulo TX_PROC genera inoltre le N-1 repliche della propria portante, opportunamente sfasate, necessarie per gestire la modularità per elemento (virtuale) d'antenna.

I moduli processori TX_PROC compiono le seguenti operazioni, in modo completamente digitale:

- acquisizione di segnali di controllo da parte dell'elaboratore CNTR_PC, sotto forma di messaggi seriali prelevati dal bus ET_LAN;
- generazione di P portanti numeriche isofrequenziali e modulazione GMSK delle stesse utilizzando un identico segnale modulante, ottenendo delle componenti in fase I ed in quadratura Q di ciascun portante;

- moltiplicazione dei campioni di dette componenti I e Q per delle rispettive costanti complesse provenienti da CNTR_PC, dando luogo a componenti "pesate" in fase e modulo allo scopo di realizzare beamforming, come sarà visto in seguito;
- somma vettoriale delle componenti I e Q "pesate" di ciascuna portante, ottenendo in corrispondenza delle portanti digitali modulate GMSK;
- controllo di livello delle suddette portanti modulate in passi di ampiezza programmabile;
- controllo del tempo di salita e di discesa dell'involuppo del segnale modulato, rispettivamente all'inizio ed alla fine di ciascun burst (funzioni di ramp-up e ramp-down);
- conversione numerica a frequenza intermedia di ciascuna portante modulata, ottenendo le dette parole digitali Cx_y ;
- costruzione di N segnali digitali di trasmissione di tipo multiportante a frequenza intermedia, rispettivamente indicati con IF1, IF2, ..., IFN, in corrispondenza dei bus BS1, BS2, ..., BSN, mediante somma di ciascuna m-esima parola Cx_y contraddistinta dal medesimo indice y.

I segnali IF1, IF2, ..., IFN che pervengono agli N trasmettitori a larga banda WB_TX1, WB_TX2, ..., WB_TXN, vengono da questi convertiti in analogico, tipicamente compensando la distorsione di tipo $\sin x/x$, filtrati a larga banda, e quindi convertiti a radiofrequenza nei segnali di test RF1, RF2, ..., RFN collocati in una sottobanda di trasmissione prescelta. Gli N segnali RF1, RF2, ..., RFN, grazie al beamforming, sono idonei a simulare fino a M differenti direzioni d'arrivo da un unico punto spaziale. Le stesse direzioni vengono infatti riconosciute dal ricevitore DUT per antenna intelligente di una BTS in fase di collaudo, e quindi priva d'antenna, sulla base del reciproco sfasamento esistente tra le N portanti di ciascuno degli M gruppi di



N portanti isofrequenziali che costituiscono gli N segnali a larga banda RFN, complessivamente convogliati nel blocco DUT da altrettanti cavi coassiali.

La fig.3 non fa che evidenziare con maggior dettaglio circuitale quanto è già stato detto nel commento della fig.2; in particolare viene fornita l'architettura dei moduli processori TX_PROC e dei trasmettitori WB_TX.

Con riferimento alla fig.3, in cui gli stessi elementi delle precedenti figure vengono indicati con gli stessi simboli, si notano i moduli processori TX_PROC1, TX_PROC2, ..., TX_PROCM di cui, limitatamente al modulo TX_PROC1, viene evidenziata l'architettura interna, essendo l'architettura dei rimanenti moduli identica a quella evidenziata. Il modulo TX_PROC1 comprende N modulatori GMSK1, GMSK2, ..., GMSKN ed un blocco INTF_PC connesso, tramite il bus seriale SER_PR1, al bus seriale ET_LAN della rete locale a cui sono attestati tutti i rimanenti blocchi TX_PROC, il blocco LO_CORP, nonché il personal computer CNTR_PC ed il blocco DUT evidenziati nella configurazione di collaudo (test bed) di fig.1. In uscita al blocco INTF_PC sono presenti dei segnali digitali indicati come segue:

- SIM_D, SIM_PN, e SIM_DEL diretti verso tutti i modulatori GMSK;
- N dati complessi SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2,, SIM_BEAM_WN diretti verso un ingresso di rispettivi primi moltiplicatori complessi digitali M1, M2, ..., MN, al cui altro ingresso pervengono le componenti I e Q uscenti da rispettivi modulatori GMSK; ed infine
- N identiche portanti digitali SIM_NCO dirette verso un ingresso di rispettivi secondi moltiplicatori digitali MM1, MM2, ..., MMN, al cui altro ingresso pervengono i segnali uscenti da rispettivi primi moltiplicatori M1, M2, ..., MN (per il tramite di sommatore delle componenti I e Q "pesate", omessi per brevità in figura).

Ad un ingresso di clock dei modulatori GMSK perviene inoltre un segnale CK,



Tutto quanto finora detto a riguardo del funzionamento dell'apparato SIM_RF di

figg.2 e 3 riguarda ciò che avviene in un singolo time slot. Questo tempo ($577 \mu s$) è troppo breve per esaurire il dialogo tra CNTR_PC e SIM_RF e le necessarie programmazioni dei modulatori GMSK da parte del blocco INTF_PC; di conseguenza le impostazioni dell'apparato SIM_RF, per tutti i time slot della trama attuale eventualmente interessati, saranno effettuate durante un tempo di trama ($4,61 ms$) e diventeranno operative durante la trama GSM successiva.

Proseguendo nell'illustrazione del funzionamento dell'apparato di simulazione SIM_RF, è impossibile prescindere dal colloquio tra quest'ultimo ed il personal computer di controllo CNTR_PC. Prima di illustrare le modalità di un simile colloquio, è però utile fornire alcune delucidazioni teoriche sul beamforming, utilizzato nella presente invenzione per simulare delle direzioni d'arrivo di utile ed interferenti.

Con riferimento alla fig.4, si nota un'antenna a schiera, vista da sopra, costituita da N sensori $a_1, a_2, a_3, \dots, a_N$ allineati lungo una retta e separati l'uno dall'altro di una distanza $d = \lambda/2$, alla frequenza di centrobanda della banda assegnata dal particolare standard di trasmissione valido per il tipo di BTS da collaudare. L'antenna ha una forma piana la cui traccia sul piano di figura corrisponde alla linea di congiungimento dei sensori. Il piano d'antenna è colpito da due onde piane p_1 e p_2 provenienti da due diverse direzioni, indicate da due rette perpendicolari ai rispettivi fronti d'onda e formanti con la traccia del piano d'antenna due rispettivi angoli d'arrivo φ e θ .

Con riferimento alla fig.5, si nota il fronte d'onda p_1 nell'istante in cui colpisce il sensore a_1 posto ad una estremità della schiera. Dalla figura risulta evidente che i successivi sensori verranno colpiti con ritardi via via crescenti, di conseguenza la portante modulata corrispondente all'onda piana p_1 sarà vista all'ingresso dei diversi sensori della schiera come N identiche portanti modulate $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$, tra loro

sfasate di angoli via via crescenti. L'insieme di questi sfasamenti è quindi in relazione biunivoca con la direzione d'arrivo di p_1 , per cui per stimare la direzione d'arrivo ignota di una generica portante proveniente da un mobile è sufficiente misurare gli sfasamenti reciproci tra i segnali ricevuti dai singoli sensori, prendendone uno d'estremità per stabilire un riferimento di fase assoluto. Questo è proprio ciò che compie il blocco DUT nel suo funzionamento reale. Per quanto concerne l'apparato di simulazione SIM_RF, vale il ragionamento duale, ovvero, partendo da una direzione da simulare di una portante di prova, occorre calcolare delle costanti complesse (coefficienti di beamforming) che moltiplicate per N identiche portanti modulate p_1 forniscano degli sfasamenti reciproci identici a quelli del fronte d'onda di fig.5. È chiaro allora che inviando questo set di portanti direttamente a valle della schiera, escludendo quest'ultima, si ottiene lo stesso effetto di inviare una portante da una direzione φ con antenna inserita. Il ragionamento fatto per la portante p_1 , la cui direzione d'arrivo deve essere simulata, vale per qualsiasi altra portante, utile o interferente, le cui direzioni sono anch'esse da simulare. È allora possibile collaudare da un punto spaziale unico, quello del laboratorio, mediante uno scenario simulato, le caratteristiche del ricevitore che ne definiscono il comportamento intelligente.

Con riferimento alle figg.5 e 6, viene ora illustrato il calcolo dei coefficienti di beamforming che consentono di ottenere il set di portanti sfasate come desiderato. Viene allo scopo utilizzata in fig.6 una rappresentazione vettoriale sul piano I, Q delle portanti modulate $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_N(t)$ di fig.5 presenti all'ingresso dei singoli sensori a_1 , a_2 , a_3 , ..., a_N , indicando i corrispondenti vettori rotanti con S_1 , S_2 , S_3 , ..., S_N . Il riferimento assoluto di fase viene scelto ponendo arbitrariamente uguale a zero la fase del vettore S_1 . Indicando i vettori in forma esponenziale con modulo A , e ponendo $\Psi = \pi \cos \varphi$, vale la seguente rappresentazione:

$$S_1 = Ae^{j0}$$

$$S_2 = Ae^{j\frac{2\pi}{\lambda}d \cos \varphi} = Ae^{j\pi \cos \varphi} = Ae^{j\Psi}$$

$$S_3 = Ae^{j\frac{2\pi}{\lambda}2d \cos \varphi} = Ae^{j2\pi \cos \varphi} = Ae^{j2\Psi}$$

.....

$$S_N = Ae^{j\frac{2\pi}{\lambda}(N-1)d \cos \varphi} = Ae^{j(N-1)\pi \cos \varphi} = Ae^{j(N-1)\Psi}$$

È ora immediato calcolare le componenti cartesiane di ogni vettore, secondo le note relazioni trigonometriche:

$$Q_1 = A$$

$$I_1 = 0$$

$$Q_2 = A \cos(\Psi) = A \cos(\pi \cos \varphi)$$

$$I_2 = A \sin(\Psi) = A \sin(\pi \cos \varphi)$$

$$Q_3 = A \cos(2\Psi) = A \cos(2\pi \cos \varphi)$$

$$I_3 = A \sin(2\Psi) = A \sin(2\pi \cos \varphi)$$

.....

$$Q_N = A \cos((N-1)\Psi) = A \cos((N-1)\pi \cos \varphi)$$

$$I_N = A \sin((N-1)\Psi) = A \sin((N-1)\pi \cos \varphi)$$

Le N coppie di valori I e Q così ottenute corrispondono ai coefficienti di beamforming SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2,, SIM_BEAM_WN di fig.3. Nell'esempio considerato, la procedura matematica illustrata precedentemente va ripetuta per il calcolo dei coefficienti di beamforming della portante p2; in generale, vanno effettuate M procedure per ciascuna delle M portanti modulate, generate dall'apparato SIM_RF.

Viene ora illustrata la modalità di colloquio tra il personal computer CNTR_PC e



l'apparato di simulazione SIM_RF, allo scopo di meglio evidenziare le funzioni del blocco INTF_PC di fig.3, assente nell'arte nota citata. Il suddetto dialogo avviene mediante invio di messaggi da CNTR_PC direttamente verso le unità TX_PROC; ogni messaggio viene trasmesso serialmente con un'etichetta che specifica l'indirizzo dell'unità TX_PROC destinataria e la lunghezza del messaggio associato, a cui segue immediatamente il contenuto del messaggio, cioè i dati veri e propri.

Con riferimento alla fig.7, i messaggi vengono preparati automaticamente dall'elaboratore CNTR_PC, previa compilazione da parte del collaudatore di un limitato numero di tabelle predefinite TAB.1, TAB.2, ..., TAB.K, le quali riassumono i dati generali che descrivono lo scenario da simulare. La scelta dei dati da inserire può determinare l'apertura di sottomenù contenenti i parametri da scegliere per l'opzione specificata. La visualizzazione tabellare dei dati d'impostazione di SIM_RF avviene tramite finestre selezionabili sullo schermo e fra loro collegate, nel senso che la modifica di uno o più dati andrà ad influire in tempo reale su tutte le finestre interessate a quei dati. Tramite click con mouse, l'operatore apre una lista di possibili valori selezionabili, per ogni casella della tabella. Le tabelle possono essere richiamate dall'operatore in ogni istante durante il collaudo e gli eventuali aggiornamenti sono operativi in tempo reale.

Per una miglior comprensione dei campi riportati nelle tabelle di fig.7, di quelli che saranno riportati in successive sottotabelle dei relativi sottomenù, e di quelli di ulteriori tabelle che chiariranno il contenuto dei messaggi generati in corrispondenza, è utile fornire fin da ora alcune brevi nozioni preliminari sugli aspetti fondamentali che definiscono l'interfaccia radio Um del sistema GSM, 900 MHz, alla quale il sistema di collaudo ed il dispositivo da collaudare dell'esempio non limitativo di fig.1, fanno esplicito riferimento. Da queste nozioni deriveranno alcune specifiche di

funzionamento per il sistema di collaudo di fig.1. Come risulta dalle raccomandazioni in merito:

- ogni BTS utilizza una o più portanti radio, ciascuna allocata nella banda dei 900 MHz (TX BTS : 925-960 MHz; TX MS : 880-915 MHz);
- ad ogni cella è associata una portante BCCH (broadcast carrier) per la trasmissione, diffusa a tutti i mobili, delle informazioni caratteristiche di cella;
- ogni portante radio è suddivisa temporalmente in time slot da circa 577 μ s ciascuno, la trasmissione avviene digitalmente con durata di bit di circa 3.6 μ s;
- ogni time slot contiene un Normal Burst di 148 bit, o un Access Burst di 88 bit;
- ogni Normal Burst contiene una sequenza di sincronizzazione (Training sequence o middambolo) di 26 bit, posizionata temporalmente al centro del burst;
- la ripetitività dei time slot avviene a cadenza di trama di circa 4.61 ms, per trame da 8 time slot (TS0...TS7);
- 26 trame sequenziali sono organizzate in una multitrama da 120 ms; 51 multitrame sequenziali sono organizzate in una supertrama da 6,12 secondi; 2048 supertrame sequenziali sono organizzate entro un'ipertrama da circa tre ore e mezza; una simile suddivisione è utile per sincronizzare eventi che richiedono lunghi tempi reali per essere acquisiti ed elaborati;
- la potenza emessa dalla BTS su ogni time slot di ciascuna portante radio può avere un livello (Emission Level) dipendente dalla distanza che separa BTS da MS (tale distanza è valutata in base al parametro TIMING ADVANCE), e dal livello e qualità del segnale ricevuto.

Dalle specifiche sopra riportate si può notare come non esistano, a tuttora raccomandazioni che riguardano il comportamento dell'antenna intelligente.

La BTS gestisce l'interfaccia radio monitorando i seguenti parametri (aggiornati

ogni 480 ms):

- distanza di MS da BTS, proporzionale al tempo di propagazione del segnale radio (parametro : TIMING ADVANCE);
- livello del segnale ricevuto, dipendente dall'attenuazione di tratta radio che separa MS da BTS, nell'ambito della copertura lungo una direzione specificata (parametro: RX_LEV);
- rapporto utile/interferente C/I, dipendente dalle considerazioni sopra esposte, e che derivano essenzialmente dal concetto di riuso delle risorse radio (parametro RX_QUAL).

In base alle nozioni generali di cui sopra, derivano alcune specifiche di funzionamento per il sistema di collaudo di fig.1 che, come si ricorda, è costituito dall'apparato di simulazione SIM_RF connesso al proprio elaboratore di controllo CNTR_PC tramite un bus seriale ET_LAN di una rete locale . Le suddette specifiche sono riportate qui di seguito:

standard dell'interfaccia radio	EGSM900
suddivisione in sotto-bande TX da 10 MHz (perché è a tuttora irrealizzabile un trasmettitore digitale wide band in grado di coprire l'intera banda)	875-885 MHz 885-895 MHz 895-905 MHz 905-915 MHz
livello nominale di potenza TX per portante	-13 dBm all'uscita di ogni WB_TX
controllo digitale TX power level (per canale)	a 15 step di 1 dB ciascuno
numero elementi d'antenna TX	N = 8
massimo numero di portanti RF	M = 16



No. di time slot realmente assegnati	impostabile per ogni portante RF
simulazione del movimento per ogni portante RF	a velocità impostabili ($3 \div 250$ km/h)
ritardi relativi fra portanti RF	programmabili con risoluzione di 1 bit GSM (156 bit max)
ritardi relativi fra echi della medesima portante	programmabili con risoluzione di 50 ns (3.6 μ s max)
simulazione della direzione angolare (per ogni portante RF)	programmabile su 360° con risoluzione di 1°

Tornando ora alle tabelle generali di fig.7, si può notare che ne sono previste un certo numero K, (due sole delle quali esplicitate nel dettaglio) ciascuna riferita ad una successiva trama GSM della durata di 4.61 ms. Questa strategia consente di poter variare con gradualità i parametri dello scenario simulato, avvicinandosi a quanto accade nella dinamica di uno scenario reale. È infatti noto che gli algoritmi utilizzati da una BTS per acquisire i principali parametri di merito del ricevitore richiedono tempi superiori a quello di una singola trama. Inoltre, nel caso di ricevitore per antenna intelligente, come quello del blocco DUT di fig.1, lo stesso lavora con algoritmi adattativi che esplicano al meglio la loro funzione su più trame successive. La sequenza di K tabelle viene ripetuta ciclicamente per consentire un funzionamento continuativo del sistema di collaudo. La ripetizione ciclica dei test consente ai risultati delle misure di raggiungere una condizione di regime permanente dopo ogni aggiornamento manuale di uno o più parametri dello scenario, e si mostra utile al fine di una valutazione statistica dei risultati. Le modalità di trasformazione dell'informazione riportata nelle tabelle di fig.7 in messaggi per l'apparato SIM_RF

verranno viste tra breve.

Le voci riportate nelle varie caselle delle tabelle generali di fig.7 sono di per sé esplicative, e non richiedono quindi ulteriori commenti. Per quanto riguarda il collegamento delle tabelle generali ai sottomenù, la scelta "FREQUENCY HOPPING: Sì" determina l'apertura di un sottomenù con i seguenti parametri da impostare:

PARAMETRO	IDENTIFICATIVO	RANGE
n° canali RF disponibili	N	1...50
n° sequenza di hopping prescelta	HSN	0...63
offset dell'indice di allocazione di MS	MAIO	0...N-1

La scelta "FADING: NO" non determina apertura di sottomenù.

La scelta "FADING: Sì" determina l'apertura di un sottomenù per la scelta di uno dei seguenti modelli noti di propagazione:

MODELLO DI PROPAGAZIONE	IDENTIFICATIVO
rural area	RAx (6 taps)
hilly terrain	HTx (12 taps)
reduced hilly terrain	HTx (6 taps)
urban area	TUx (12 taps)
reduced urban area	TUx (6 taps)
equalization test	EQx (6 taps)
arbitrario	CUSTOM

La scelta di un qualunque modello di propagazione (escluso CUSTOM) impone i valori di "livello RF", "ritardo" e "Doppler spectrum type" della tabella di fig.7 che ha

determinato tale scelta. L'accesso a queste colonne della suddetta tabella è quindi inibito all'operatore, ed i valori automaticamente inclusi in tali colonne sono quelli stabiliti dalle specifiche GSM 05.05 Annex C (Propagation conditions). Inoltre, i modelli rural area, reduced hilly terrain, reduced urban area, equalization test impegnano automaticamente 6 portanti di SIM_RF; i modelli hilly terrain, urban area impegnano automaticamente 12 portanti di SIM_RF. La scelta del modello arbitrario (CUSTOM) determina l'abilitazione alle colonne "ritardo" e "Doppler spectrum type" e l'impegno di una sola portante RF, in quanto spetta all'operatore la scelta del numero e delle caratteristiche degli eventuali echi (taps) del modello stesso.

Una volta completate le tabelle di fig.7 con i dati per la simulazione, guidati in questo dai relativi sottomenù, l'elaboratore CNTR_PC genera i messaggi che istruiscono i moduli processori TX_PROC1, TX_PROC2, ..., TX_PROCM ed il blocco LO_CORP.

La tabella seguente riporta i nomi d'identificazione dei messaggi e le relative unità destinatarie:

TIPO DI MESSAGGIO	No. di bit	PC→ TX_PROC	PC→ LO_CORP
SIM_NCO (1...16)	8	x	
SIM_D (1...16)	116	x	
SIM_BEAM_Wn (1...16)	256	x	
SIM_DEL (1...16)	16	x	
BT_SIM	8	x	
P_SYNT_SIM	8		x
TSN	8	x	

Tutti i messaggi aventi il suffisso (1...16) si intendono come messaggi distinti inviati al modulo TX_PROCM relativo alla portante m-esima (m da 1 a 16). Per quanto concerne i messaggi SIM_BEAM_Wn, il suffisso n varia da 1 a N=8 in corrispondenza di un generico valore m per indicare N messaggi distinti inviati allo stesso modulo TX_PROCM.

La seguente tabella riporta il significato dei messaggi elencati nella tabella precedente:

NOME	No. bit	SIGNIFICATO
SIM_NCO	16	programmazione del canale RF trasmesso in uplink
SIM_D	116	dati da trasmettere in uplink (segnale modulante)
SIM_BEAM_Wn	256	modulo e fase dei coefficienti di beamforming
SIM_DEL	16	ritardo della portante simulata in uplink
BT_SIM	8	training sequence code, TSC (3 bit) + scelta fra NORMAL o ACCESS burst (1 bit)
P_SYNT_SIM	256	programmazione di LO_CORP per la scelta della portante nel time slot assegnato
TSN	8	numero del time slot della trama GSM (TSN=0...7)



Su CNTR_PC sono sviluppate le procedure necessarie per elaborare i dati forniti dall'utente ed ottenere i messaggi informativi nel formato seriale accettato dalla rete ET_LAN e dai blocchi d'interfaccia INTF_PC dell'apparato di simulazione SIM_RF. Qui di seguito sono elencate le procedure di cui sopra, specificando le informazioni d'ingresso alla procedura (inputs) e quelle fornite dalla procedura stessa (outputs). Gli inputs sono i parametri scelti dall'utilizzatore ed inseriti a video mediante menu e sottomenù. Gli outputs sono i contenuti dei messaggi trasferiti da CNTR_PC, via bus ET_LAN, ai moduli TX_PROC e LO_CORP.

Le procedure svolte da CNTR_PC per la generazione dei suddetti messaggi sono le seguenti:

- **algoritmo di frequency hopping** (vedi spec.GSM 05.03)

inputs : N, HSN, MAIO \Rightarrow outputs : numero canale RF;

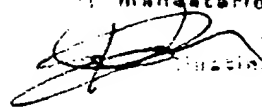
- **algoritmo di beamforming** (vedi la precedente illustrazione delle figg.4, 5 e 6)

inputs : angolo d'arrivo \Rightarrow outputs : coefficienti di beamforming;

- **simulazione di scenario RF** (vedi spec. GSM 05.05 Annex C, propagation condition)

inputs : modello di propagazione standard, velocità di MS \Rightarrow outputs : sequenza dei coefficienti moltiplicativi d'ampiezza (uno per trama); ritardi relativi fra echi della medesima portante.

Con riferimento alla fig.3, si può notare che una buona parte del contenuto dei messaggi trasferiti da CNTR_PC, via ET_LAN, al circuito d'interfaccia INTF_PC, vengono da questi a sua volta trasferiti ai dispositivi utilizzatori. Ciò accade per i contenuti dei messaggi SIM_D, TSN e SIM_DEL, trasferiti ai modulatori GMSK; per i contenuti dei messaggi SIM_BEAM_Wn, trasferiti ai primi moltiplicatori M1, M2, ..., MN; e per il contenuto del messaggio SIM_NCO, trasferito ai secondi moltiplicatori



MM1, MM2, ..., MMN.

I contenuti di tutti i messaggi sono aggiornati da CNTR_PC ad ogni trama GSM di 4.61 ms, e con la stessa cadenza inviati alle unità interessate poste in rete locale, anche se il contenuto di un messaggio è immutato rispetto a quello della trama precedente. Di conseguenza i moduli TX_PROC e LO_CORP interessati, possono elaborare in un tempo di trama i contenuti aggiornati dei rispettivi messaggi, onde poter variare in tempo reale le grandezze simulate relative alle portanti modulate inviate al blocco DUT di fig.1 nella trama successiva.

L'aggiornamento del contenuto dei messaggi compiuto da CNTR_PC di fig.1 ad ogni trama, in assenza di modifiche introdotte dal collaudatore nei contenuti della sequenza di K tabelle di fig.7, e delle sottotabelle ad esse collegate, sarà quello imposto da detta sequenza. In presenza di modifiche, rispecchierà invece quello della sequenza aggiornata, a partire dal punto nel ciclo ripetitivo in cui la stessa è resa operativa. Per una miglior comprensione della dinamica degli aggiornamenti dei messaggi generati da CNTR_PC, è utile sottolineare che la compilazione della sequenza di K tabelle di fig.7 viene effettuata completamente fuori linea, sia per quanto riguarda la prima stesura che per successive modifiche. Dopodichè il collaudatore conferma la nuova versione che diventa operativa in tempo reale, nel senso che da quel momento in poi i messaggi inviati in rete saranno generati a partire dalle tabelle dell'ultima versione, senza per questo arrestare il flusso dei messaggi sequenziali. Si può quindi concludere che mentre la fase di compilazione è del tutto indipendente dal flusso dei messaggi, l'aggiornamento nel contenuto dei messaggi che ne deriva, che coincide con l'invio in rete dei nuovi messaggi, avviene in modo sincrono rispetto alla cadenza di trama.

Dall'analisi delle informazioni comprese nelle tabelle di fig.7 e relativi menù, e

dalla tipologia di messaggi che ne discendono, si può dedurre che sfruttando, in tutto, o in parte, gli $M = 16$ gruppi di portanti relativi ad uno stesso time slot, ciascun gruppo comprendendo $N = 8$ repliche si possono arbitrariamente simulare:

- uno o più segnali utili;
- uno o più segnali interferenti isofrequenziali (che in uno scenario reale sono dovuti al riuso delle portanti in cluster adiacenti) provenienti da direzioni distinte da quella dell'utile relativo;
- uno o più echi di un segnale utile, e/o interferente, (che in uno scenario reale sono generati da cammini multipli) provenienti da direzioni distinte da quella dell'utile, e/o interferente;
- uno o più interferenti da canale adiacente, e relativi echi; ed inoltre
- l'effetto di fading su ciascuno dei suddetti segnali, in modo incorrelato rispetto agli altri segnali, tramite moltiplicazione dei coefficienti di beamforming per una sequenza pseudo-noise opportunamente filtrata. Le operazioni relative a questo punto sono svolte direttamente da CNTR_PC tramite pre-elaborazione.

Il sistema di collaudo di fig.1 è molto duttile per quanto riguarda il panorama dei possibili scenari da simulare, ed estremamente maneggevole da parte del collaudatore, la cui incombenza si limita all'inserimento dei dati nelle tabelle generali di fig.7. Questi vantaggi, discendono dall'architettura essenzialmente digitale dell'apparato di simulazione SIM_RF, che è in grado di costruire N segnali digitali a larga banda a frequenza intermedia IF_1, \dots, IF_N , di tipo multiportante. Ciascuna portante compresa nei segnali a larga banda IF_1, \dots, IF_N è caratterizzata da un rispettivo contenuto del messaggio SIM_NCO, che ne stabilisce la frequenza intermedia; pertanto la simulazione di più interferenti isofrequenziali impegna più moduli TX_PROC a cui vengono inviati messaggi SIM_NCO di identico contenuto.

VARIANTI

A giudizio della richiedente, il sistema di collaudo illustrato nell'esempio non limitativo, con particolare riferimento alla fig.3, è il modo migliore per realizzare l'invenzione (best mode), vuoi per la flessibilità che una simile architettura consente, vuoi per i costi contenuti di una realizzazione prevalentemente digitale.

Esiste tuttavia un'altra possibilità realizzativa, che differisce dalla precedente per il fatto di utilizzare dei trasmettitori a banda stretta, in sintonia con l'architettura della maggior parte delle stazioni radio base attualmente operative. Ai fini di una più completa copertura degli aspetti inventivi è quindi doveroso descrivere anche questa variante realizzativa di sistema di collaudo (senza con ciò introdurre apposite figure). Analogamente a quanto già fatto in precedenza, la variante di sistema applica gli insegnamenti di una variante di procedimento.

Pertanto ulteriore oggetto d'invenzione è una variante di procedimento che comprende delle fasi a'), b'), c'), d'), identiche a quelle omonime del procedimento già oggetto d'invenzione, e delle successive fasi e'), f'), g') che riguardano più propriamente la variante. Quest'ultima si applica quindi a partire dai secondi gruppi di N portanti modulate, moltiplicate per i coefficienti di beamforming. Nella variante, contrariamente a quanto detto per il procedimento principale, è prevista una conversione ad un'unica frequenza intermedia identica per tutti i gruppi di portanti, a cui è conveniente far seguire una conversione ad una seconda frequenza intermedia per semplificare il filtraggio a radiofrequenza. La distinzione in frequenza tra i vari secondi gruppi di portanti è affidata alla conversione a radiofrequenza degli stessi, tramite dei rispettivi segnali di oscillatore locale. Gli N segnali di test RF1, RF2, ..., RFN, da inviare al ricevitore, vengono ottenuti amplificando e sommando tra loro



(combining RF a larga banda) le portanti a radiofrequenza che hanno lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun secondo gruppo.

Per quanto detto prima, ancora oggetto d'invenzione è una variante di sistema che include gli stessi mezzi del sistema già oggetto d'invenzione che consentivano di ottenere in banda base i secondi gruppi di N portanti digitali ordinate per fasi progressivamente crescenti. Ai suddetti mezzi sono aggiunti i seguenti, caratteristici della variante:

- mezzi di conversione digitale/analogico di detti secondi gruppi di N portanti e di filtraggio in banda di canale;
- mezzi di conversione e filtraggio a frequenza intermedia di detti secondi gruppi di portanti;
- mezzi di conversione e filtraggio ad una rispettiva radiofrequenza di detti secondi gruppi di portanti a frequenza intermedia, e successivi mezzi di amplificazione a banda di canale;
- mezzi di combining a radiofrequenza, ovvero di reciproco accoppiamento a larga banda, di dette portanti amplificate a banda di canale, aventi lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, ottenendo N segnali di test RF1, RF2, ..., RFN che raggiungono N uscite a radiofrequenza di un apparato di simulazione di scenario comprendente i sopraelencati mezzi;
- un insieme di N cavi coassiali, o mezzi equivalenti, che connettono dette N uscite a radiofrequenza ad altrettanti ingressi (in1, in2, ..., inN) del ricevitore DUT, privo d'antenna.

Per quanto riguarda lo scambio di messaggi tra l'elaboratore di controllo CNTR_PC e l'apparato di simulazione di scenario della variante, attraverso i mezzi d'interfaccia INTF_PC e LO_CORP, pure inclusi in detto apparato, la tipologia di

messaggi permane la stessa dell'esempio non limitativo, con l'accorgimento di scegliere un solo valore di frequenza esprimendo il contenuto del messaggio SIM_NCO, e tanti valori di frequenza OL, tra loro differenti, quanti ne servono per simulare segnali non isofrequenziali.

Nel sistema di collaudo secondo la variante la parte analogica, più costosa, è preponderante rispetto a quella digitale. Infatti, volendo completamente sfruttare la configurazione di $M = 16$ portanti e rispettive $N = 8$ repliche, per un totale di $16 \times 8 = 148$ segnali generati, occorrerebbero altrettanti amplificatori a radiofrequenza e relativi accoppiatori!

GENERALIZZAZIONI

Il sistema di simulazione dell'esempio non limitativo si presta ad alcune generalizzazioni che configurano l'invenzione applicabile ad altri sistemi radiomobili con impostazione sistemistica differente da quella FDMA/TDMA. Ad esempio, per quanto concerne l'invenzione l'aspetto TDMA non è strettamente indispensabile ed, a rigor di logica, anche l'aspetto FDMA può non essere considerato, in quanto per la simulazione di uno scenario minimo, ma realistico, è sufficiente una sola portante ed i suoi interferenti isofrequenziali. Volendo, per quanto riguarda l'invenzione, prescindere dall'architettura FDMA/TDMA dell'esempio non limitativo, occorre considerare pur sempre la caratteristica dinamica dello scenario simulato che finora era data dall'aggiornamento dei parametri significativi dello stesso a cadenza di 4.61 ms della trama GSM. Questo intervallo temporale è un buon compromesso tra l'esigenza di poter disporre di un tempo di elaborazione sufficiente alla generazione dei messaggi di configurazione dello scenario, al loro trasferimento su rete locale, ed alla programmazione delle unità destinarie del contenuto degli stessi, e quella di poter simulare un intervallo temporale realistico in cui le variazioni indicate dalla

successione di parametri, corrisponda ad una medesima variazione delle stesse grandezze, riferite però a fenomeni che nel contesto reale coinvolgono le portanti interessate.

Da quanto sopra si può concludere che è possibile utilizzare la presente invenzione per simulare lo scenario a radiofrequenza nel collaudo di una stazione radio base di un sistema telefonico cellulare di tipo analogico con filosofia FDMA, ad esempio TACS. In tal caso, qualora i tempi di elaborazione lo consentano, è possibile aggiornare i parametri dello scenario con cadenza inferiore a quella di 4.61 ms dell'esempio, raggiungendo una precisione più fine nella simulazione dinamica.

Da quanto detto finora si può ancora concludere che, senza uscire dal campo della tecnica in cui si colloca l'invenzione, la stessa può avere ulteriori impieghi oltre a quelli visti per la telefonia cellulare. È ad esempio possibile utilizzare l'invenzione in tutti i casi ove si renda necessario collaudare dei ricevitori per antenne a schiera intelligenti che utilizzino algoritmi di beamforming, prescindendo però dalla filosofia di base di tutti i sistemi telefonici radiomobili, e quindi dal fatto che gli interferenti siano causati dal riuso delle stesse portanti in un territorio suddiviso in celle di cluster adiacenti.

Possibilità di utilizzo dell'invenzione in tal senso potrebbero prefigurarsi in campo satellitare. Ulteriori possibilità di utilizzo dell'invenzione in campi della tecnica differenti da quello della radiotelefonia mobile, potrebbero prefigurarsi nel settore dei radar.

Benchè l'invenzione sia stata illustrata con riferimento a talune forme preferenziali di realizzazione, risulta evidente per gli esperti del settore che tale invenzione non è da ritenersi limitata a tali forme realizzative ma ulteriori varianti e modifiche possono essere apportate dagli esperti del settore senza

fuoriuscire dall'ambito di tutela delle rivendicazioni che seguono.



RIVENDICAZIONI

1. Procedimento di simulazione di scenario a radiofrequenza, in particolare per il collaudo di ricevitori per antenne a schiera intelligenti a N sensori in grado di distinguere le direzioni di segnali utili da quelle di rispettivi interferenti, caratterizzato dal fatto che comprende le seguenti fasi:
 - a) compilazione di tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) di parametri ed opzioni che definiscono detto scenario relativamente a segnali utili di trasmissione, ed a segnali interferenti isofrequenziali, e non, aventi direzioni d'arrivo simulate generalmente differenti da quelle di rispettivi detti segnali utili;
 - b) conversione di dette tabelle generali in messaggi comprendenti, in modo non limitativo, la descrizione di segnali modulanti (SIM_D) delle portanti di trasmissione, utili e interferenti, N costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN) per ciascuna detta direzione d'arrivo simulata, primi e secondi valori di frequenza (SIM_NCO, OL) per la conversione a frequenza intermedia ed a radiofrequenza;
 - c) generazione e modulazione di primi gruppi di P portanti, ciascun gruppo essendo composto da una detta portante utile, o interferente, e da rispettive N-1 repliche, utilizzando i detti segnali modulanti, e adeguamento del livello di potenza delle P portanti di detti primi gruppi;
 - d) moltiplicazione delle portanti di detti primi gruppi per dette costanti complesse corrispondenti ad una rispettiva detta direzione d'arrivo simulata, ottenendo secondi gruppi di P portanti modulate ordinate per fasi progressivamente crescenti;
 - e) conversione ad una rispettiva frequenza intermedia (SIM_NCO) di detti secondi gruppi di portanti modulate;
 - f) somma di dette portanti a frequenza intermedia (C1₁, C1₂, ..., C1_N) aventi lo stesso

numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, ottenendo N segnali a larga banda (IF1, IF2, ..., IFN);

- g) conversione a radiofrequenza di detti N segnali a larga banda (IF1, IF2, ..., IFN), e successiva amplificazione, ottenendo N segnali di test (RF1, RF2, ..., RFN) inviati ad altrettanti ingressi a radiofrequenza (in1, in2, ..., inN) di un detto ricevitore da collaudare (DUT), privo d'antenna.

2. Procedimento di simulazione di scenario a radiofrequenza, in particolare per il collaudo di ricevitori per antenne a schiera intelligenti a N sensori in grado di distinguere le direzioni di segnali utili da quelle di rispettivi interferenti, caratterizzato dal fatto che comprende le seguenti fasi:

- a') compilazione di tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) di parametri ed opzioni che definiscono detto scenario relativamente a segnali utili di trasmissione, ed a segnali interferenti isofrequenziali, e non, aventi direzioni d'arrivo simulate generalmente differenti da quelle di rispettivi detti segnali utili;
- b') conversione di dette tabelle generali in messaggi comprendenti, in modo non limitativo, la descrizione di segnali modulanti (SIM_D) delle portanti di trasmissione, utili e interferenti, N costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN) per ciascuna detta direzione d'arrivo simulata, primi e secondi valori di frequenza (SIM_NCO, OL) per la conversione a frequenza intermedia ed a radiofrequenza;
- c') generazione e modulazione di primi gruppi di P portanti, ciascun gruppo essendo composto da una detta portante utile, o interferente, e da rispettive N-1 repliche, utilizzando i detti segnali modulanti, e adeguamento del livello di potenza delle P portanti di detti primi gruppi;
- d') moltiplicazione delle portanti di detti primi gruppi per dette costanti complesse

corrispondenti ad una rispettiva detta direzione d'arrivo simulata, ottenendo secondi gruppi di P portanti modulate ordinate per fasi progressivamente crescenti;
e') conversione a frequenza intermedia di detti secondi gruppi di portanti modulate;
f') conversione ad una rispettiva radiofrequenza di detti secondi gruppi di portanti a frequenza intermedia, filtraggio ed amplificazione a banda di canale;
g') somma di dette portanti convertite ad una rispettiva radiofrequenza aventi lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, ottenendo N segnali di test (RF1, RF2, ..., RFN) inviati ad altrettanti ingressi a radiofrequenza (in1, in2, ..., inN) di un detto ricevitore da collaudare (DUT), privo d'antenna.

3. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 1, o 2, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) compilate nella detta fase a) sono organizzate in una sequenza di K tabelle ripetute ciclicamente.

4. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che dette fasi b), c), d), e), f), g), o in alternativa b'), c'), d'), e'), f'), g'), costituiscono una sequenza ripetuta ad intervalli di tempo sequenziali di identica durata, utilizzando di volta in volta dei detti messaggi ottenuti convertendo una nuova tabella generale di detta sequenza ciclica, conferendo con ciò caratteristiche dinamiche e ripetitive a detto scenario simulato.

5. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta durata è tale per cui la velocità di variazione dei contenuti di detti messaggi è paragonabile a quella riscontrabile in corrispondenti detti parametri di uno scenario reale.

6. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta durata è uguale, o inferiore, a 4.61 ms.



7. Procedimento di simulazione secondo una qualunque delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) compilate nella detta fase a), o a'), vengono aggiornate durante il collaudo, e dei corrispondenti messaggi aggiornati vengono generati in modo sincrono rispetto ai detti intervalli di tempo sequenziali.

8. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 1, o 2, caratterizzato dal fatto che include ulteriori fasi di acquisizione dei risultati del detto collaudo, in modo asincrono rispetto ai detti intervalli di tempo sequenziali.

9. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 1, o 2, caratterizzato dal fatto che la scelta di alcune dette opzioni di dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) comporta la compilazione di relative sottotabelle contenenti ulteriori parametri da scegliere per l'opzione specificata.

10. Procedimento di simulazione secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto scenario a radiofrequenza è riferito ad un sistema telefonico cellulare caratterizzato dal riuso di identiche portanti in celle di cluster adiacenti.

11. Procedimento di simulazione secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che dette portanti sono utilizzate a divisione di tempo, e detta durata corrisponde ad un tempo di trama.

12. Procedimento di simulazione secondo le rivendicazioni 10, o 11, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2, ..., TABK) includono inoltre dei parametri che tengono conto della presenza del rumore, l'effetto doppler dovuto alla velocità dei mobili, ed i rapidi ed improvvisi affievolimenti del campo elettromagnetico ricevuto, causati da interferenza distruttiva da cammini multipli o da mascheramento da parte di ostacoli incontrati dai mobili in movimento.



13. Sistema di collaudo di ricevitori per antenne a schiera intelligenti a N sensori in grado di distinguere le direzioni di segnali utili da quelle di rispettivi interferenti, caratterizzato dal fatto che comprende:

- un elaboratore di controllo (CNTR_PC);
- mezzi d'interfaccia (INTF_PC, LO_CORP) verso detto elaboratore (CNTR_PC), che ricevono da questi messaggi comprendenti, in modo non limitativo, la descrizione di segnali modulanti (SIM_D) delle portanti di trasmissione, utili e interferenti, N costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN) per ciascuna detta direzione d'arrivo simulata, primi e secondi valori di frequenza (SIM_NCO, OL) per la conversione a frequenza intermedia ed a radiofrequenza;
- mezzi di generazione e modulazione (GMSK1, GMSK2, ..., GMSKN) di primi gruppi di N portanti digitali, ciascun gruppo essendo composto da una portante utile, o interferente, e da rispettive N-1 repliche;
- mezzi moltiplicatori digitali (M1, M2, ..., MN) delle portanti di detti primi gruppi per dette costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN) corrispondenti ad una detta direzione d'arrivo simulata, ottenendo secondi gruppi di N portanti modulate ordinate per fasi progressivamente crescenti;
- mezzi digitali di conversione (MM1, MM2, ..., MMN) ad una rispettiva frequenza intermedia (SIM_NCO) di detti secondi gruppi di portanti;
- mezzi sommatore digitali (1, 2, ..., N) di dette portanti convertite ad una rispettiva frequenza intermedia (C1₁, C1₂, ..., C1_N) aventi lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, per l'ottenimento di N segnali digitali a larga banda (IF1, IF2, ..., IFN);
- mezzi di conversione digitale/analogico (D/A) di detti N segnali digitali a larga

banda (IF1, IF2, ..., IFN) e di filtraggio a larga banda;

- mezzi di conversione a radiofrequenza e filtraggio (LO_CORP, MX1, MX2, ..., MXN) di detti N segnali filtrati a larga banda (IF1, IF2, ..., IFN);
- mezzi di amplificazione a larga banda (PA1, PA2, ..., PAN) di detti segnali a radiofrequenza, per l'ottenimento di N segnali di test (RF1, RF2, ..., RFN) che raggiungono N uscite a radiofrequenza (out1, out2, ..., outN) di un apparato di simulazione di scenario (SIM_RF) comprendente i sopraelencati mezzi;
- un insieme di N cavi coassiali, o mezzi equivalenti, che connettono dette N uscite a radiofrequenza ad altrettanti ingressi (in1, in2, ..., inN) di un detto ricevitore (DUT), privo d'antenna.

14. Sistema di collaudo di ricevitori per antenne a schiera intelligenti a N sensori in grado di distinguere le direzioni di segnali utili da quelle di rispettivi interferenti, caratterizzato dal fatto che comprende:

- un elaboratore di controllo (CNTR_PC);
- mezzi d'interfaccia (INTF_PC, LO_CORP) verso detto elaboratore (CNTR_PC) che ricevono da questi messaggi comprendenti, in modo non limitativo, la descrizione di segnali modulanti (SIM_D) delle portanti di trasmissione, utili e interferenti, N costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN) per ciascuna detta direzione d'arrivo simulata, primi e secondi valori di frequenza (SIM_NCO, OL) per la conversione a frequenza intermedia ed a radiofrequenza;
- mezzi di generazione e modulazione (GMSK1, GMSK2, ..., GMSKN) di primi gruppi di P portanti digitali, ciascun gruppo essendo composto da una portante utile, o interferente, e da rispettive N-1 repliche;
- mezzi moltiplicatori digitali (M1, M2, ..., MN) delle portanti di detti primi gruppi per dette costanti complesse (SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN)

corrispondenti ad una detta direzione d'arrivo simulata, ottenendo secondi gruppi di P portanti modulate ordinate per fasi progressivamente crescenti;

- mezzi di conversione digitale/analogico (D/A) di detti secondi gruppi di P portanti e di filtraggio in banda di canale;
- mezzi di conversione e filtraggio a frequenza intermedia di detti secondi gruppi di portanti;
- mezzi di conversione e filtraggio ad una rispettiva radiofrequenza di detti secondi gruppi di portanti a frequenza intermedia, e successivi mezzi di amplificazione a banda di canale;
- mezzi di reciproco accoppiamento a radiofrequenza, a larga banda, di dette portanti amplificate a banda di canale, aventi lo stesso numero d'ordine progressivo entro ciascun detto secondo gruppo, ottenendo N segnali di test (RF1, RF2, ..., RFN) che raggiungono N uscite a radiofrequenza (out1, out2, ..., outN) di un apparato di simulazione di scenario comprendente i sopraelencati mezzi;
- un insieme di N cavi coassiali, o mezzi equivalenti, che connettono dette N uscite a radiofrequenza ad altrettanti ingressi (in1, in2, ..., inN) di un detto ricevitore (DUT), privo d'antenna.

15. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 13, o 14, caratterizzato dal fatto che detto elaboratore di controllo (CNTR_PC) trasferisce a detti mezzi d'interfaccia (INTF_PC, LO_CORP) i detti messaggi di controllo (SIM_D, SIM_BEAM_W1, SIM_BEAM_W2, ..., SIM_BEAM_WN SIM_NCO, OL) ad intervalli di tempo sequenziali di identica durata.

16. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che detta durata è tale per cui la velocità di variazione dei contenuti di detti messaggi è paragonabile a quella riscontrabile in corrispondenti parametri di uno scenario

reale.

17. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 15, o 16, caratterizzato dal fatto che i detti messaggi sono ottenuti dalla conversione di tabelle generali (TAB.1, TAB.2,, TABK) di parametri ed opzioni che definiscono detto scenario simulato, memorizzate dal detto elaboratore di controllo (CNTR_PC).

18. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2,, TABK) sono organizzate in una sequenza di K tabelle ripetute ciclicamente.

19. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 18, caratterizzato dal fatto che detta durata è uguale, o inferiore, a 4.61 ms.

20. Sistema di collaudo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 17 a 19, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2,, TABK) sono compilate prima del collaudo ed aggiornate durante il collaudo, e dei corrispondenti messaggi aggiornati vengono generati in modo sincrono rispetto ai detti intervalli di tempo sequenziali.

21. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 13, o 14, caratterizzato dal fatto che detto elaboratore di controllo (CNTR_PC), detto apparato di simulazione di scenario (SIM_RF), e detto ricevitore (DUT) sono connessi al bus (ET_LAN) di una rete locale; i detti messaggi sono seriali, ed il detto ricevitore da collaudare trasferisce a detto elaboratore di controllo (CNTR_PC) i risultati del collaudo.

22. Sistema di collaudo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 13 a 21, caratterizzato dal fatto che detto scenario a radiofrequenza è riferito ad un sistema telefonico cellulare caratterizzato dal riuso di identiche portanti in celle di cluster adiacenti.

23. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 22, caratterizzato dal fatto



che dette portanti sono utilizzate a divisione di tempo, e detta durata corrisponde ad un tempo di trama.

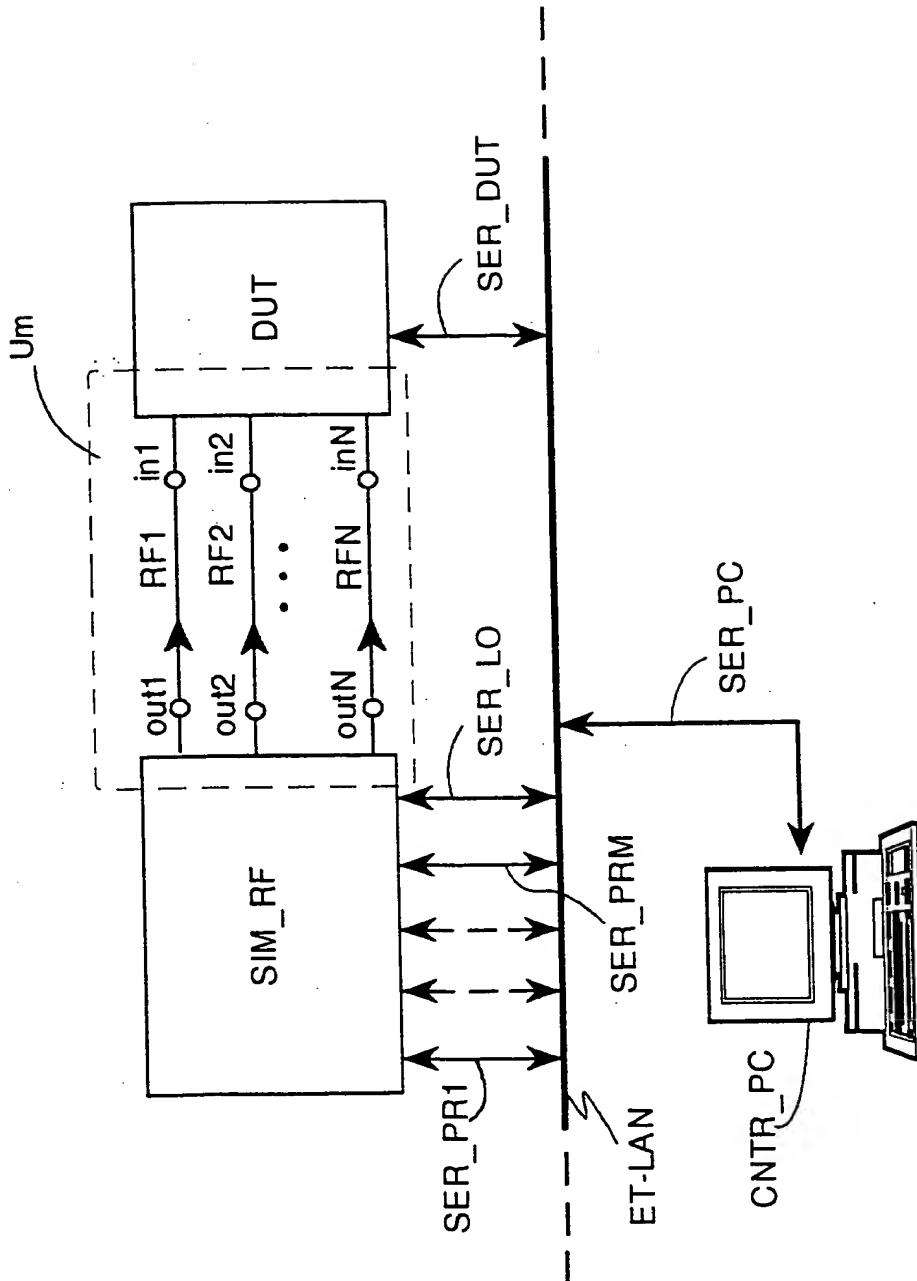
24. Sistema di collaudo secondo la rivendicazione 22, o 23, caratterizzato dal fatto che dette tabelle generali (TAB.1, TAB.2,, TABK) includono inoltre dei parametri per simulare la presenza del rumore, l'effetto doppler dovuto alla velocità dei mobili, ed i rapidi ed improvvisi affievolimenti del campo elettromagnetico ricevuto, causati da interferenza distruttiva da cammini multipli o da mascheramento da parte di ostacoli incontrati dai mobili in movimento.

Italtel spa

Il mandataria
Giovanna Giustini



Fig. 1



Italtel spa
 1. mandato
 Giulio Giustini

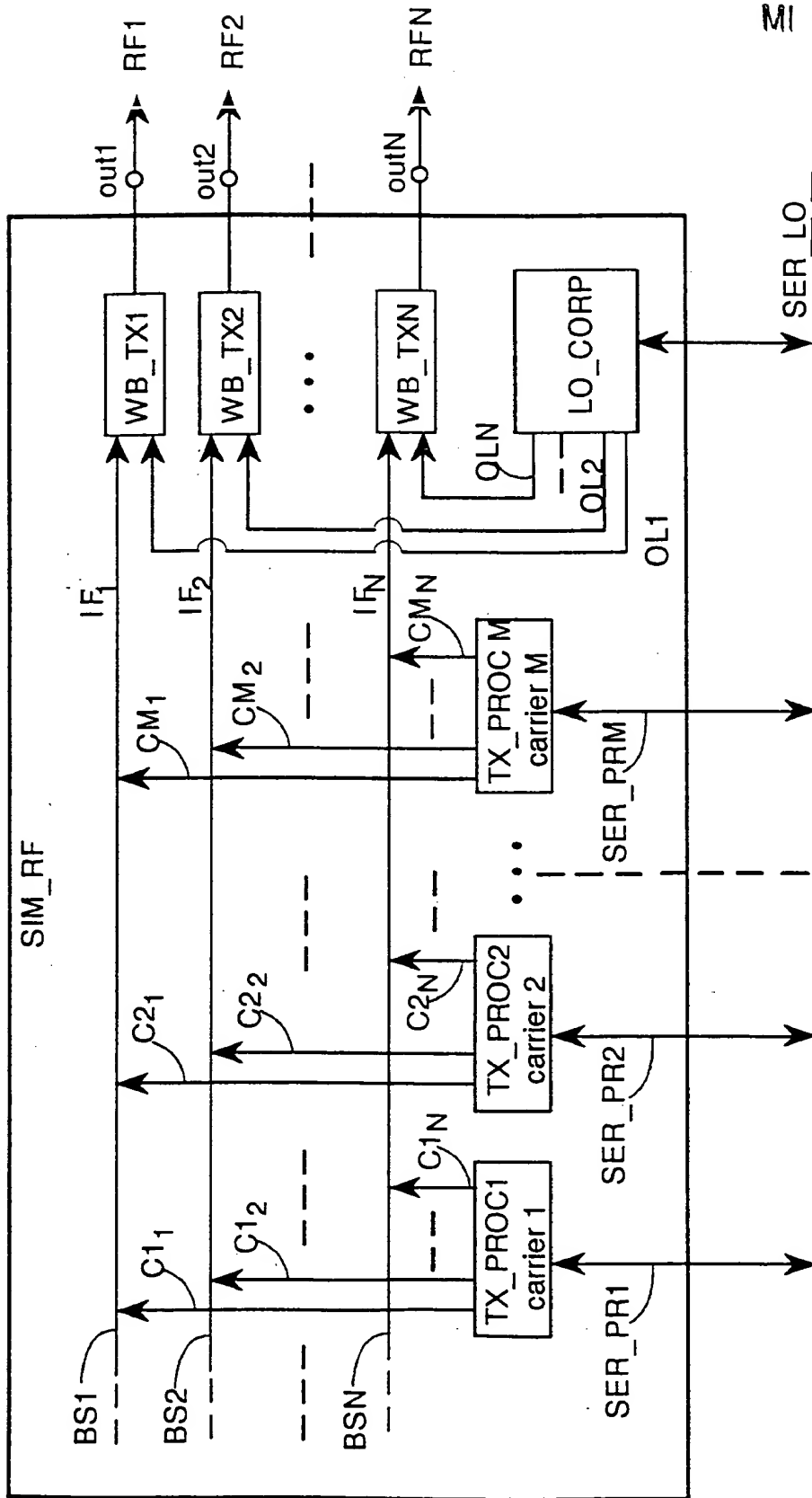
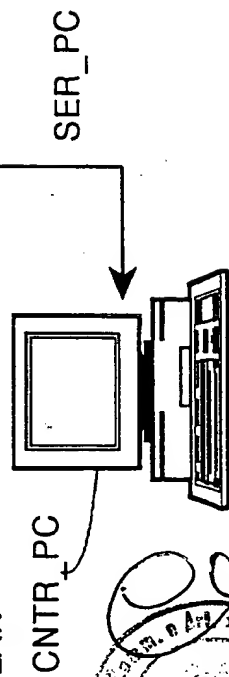


Fig. 2



italtel spa
 I mandataro
 [Signature]
 [Signature]



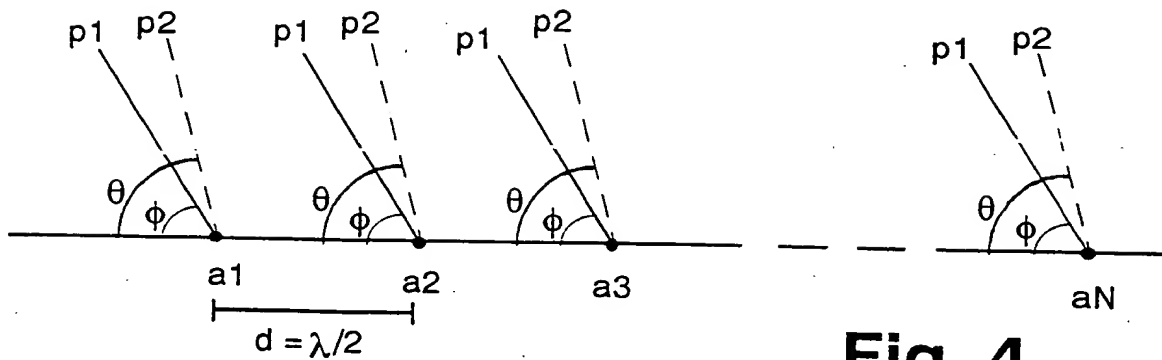


Fig. 4

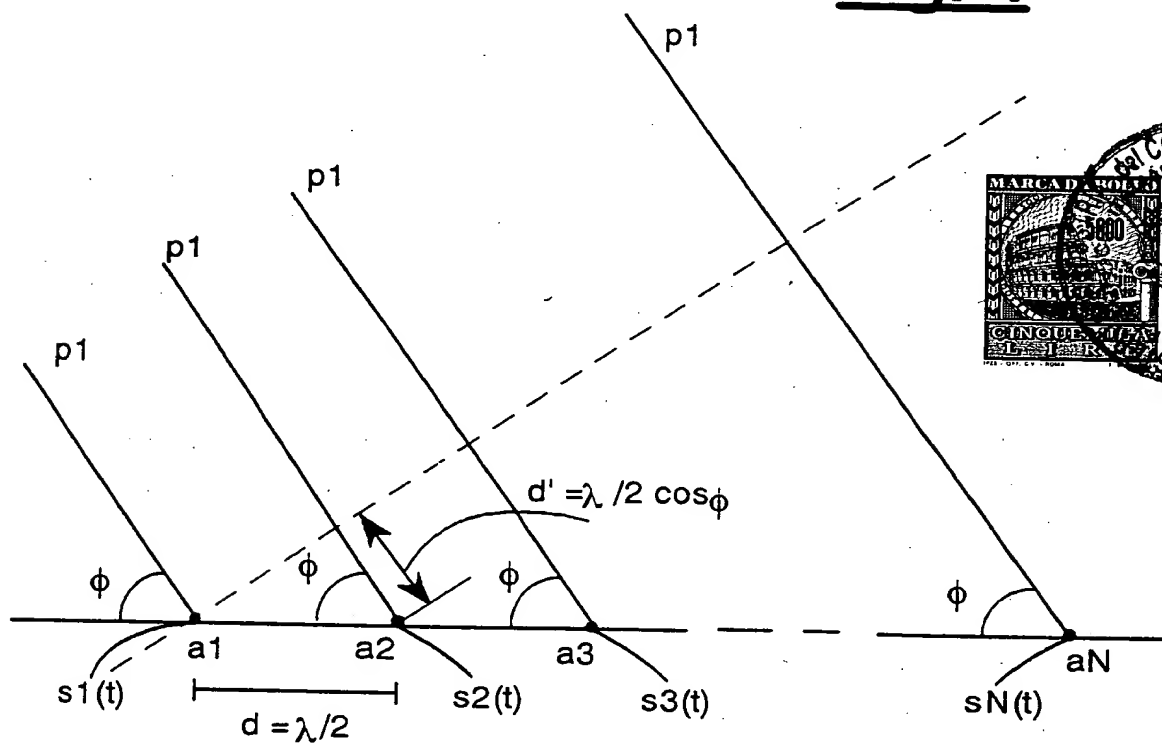


Fig. 5

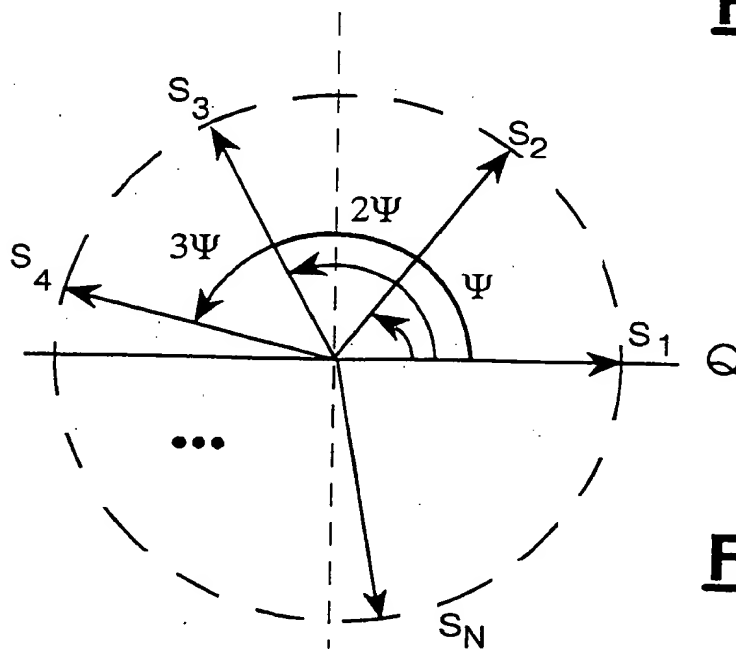
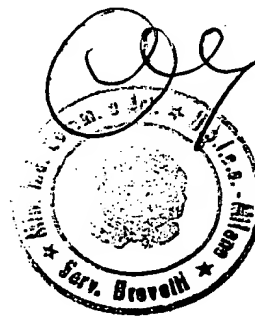
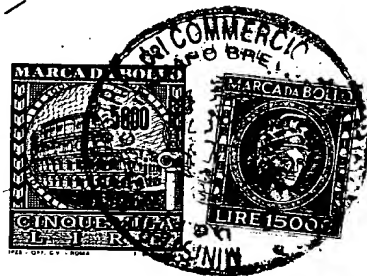


Fig. 6



Italtel spa
Mandato
Della Giustina

Trama GSM n. 1

Numero	Periferica di destinazione	tipo di canale	frequency hopping	livello RF	numero canale RF	direzione d'arrivo	tipo di fading	ritardo	Doppler spectrum type	velocità di MS
1	TX_PROC#1	portante utile	NO	-50 dBm	126	60°	NO	0 μ s	-	0 km/h
2	TX_PROC#2	eco utile	NO	-56 dBm	126	62°	NO	1 μ s	-	0 km/h
3	TX_PROC#3	interferente	SI	-60 dBm	126	70°	NO	56 μ s	-	0 km/h
...										
16	TX_PROC#16	eco Interferente	NO	-70 dBm	127	55°	SI	117 μ s	CLASS	50 km/h

Tab 1

Trama GSM n. 2

Numero	Periferica di destinazione	tipo di canale	frequency hopping	livello RF	numero canale RF	direzione d'arrivo	tipo di fading	ritardo	Doppler spectrum type	velocità di MS
1	TX_PROC#1	portante utile	NO	-49 dBm	126	61°	NO	0 μ s	-	0 km/h
2	TX_PROC#2	eco utile	NO	-58 dBm	126	63°	NO	1 μ s	-	0 km/h
3	TX_PROC#3	interferente	SI	-60 dBm	103	70°	NO	56 μ s	-	0 km/h
...										
16	TX_PROC#16	eco Interferente	NO	-68 dBm	127	54°	SI	117 μ s	CLASS	50 km/h

Tab 2

Trama GSM n. k

Tab. k



MI 97 A 2826

Fig. 7